

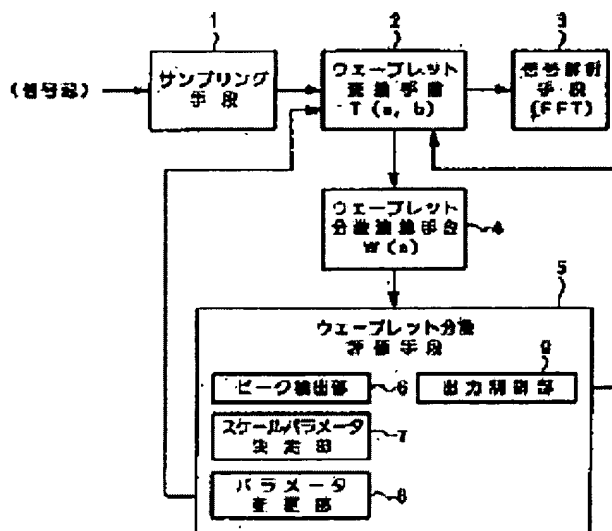
SIGNAL ANALYZING DEVICE USING WAVELET CONVERSION

Patent number: JP8329046
Publication date: 1996-12-13
Inventor: NOZAKI ATSUKO
Applicant: TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO
Classification:
 - international: G06F17/14
 - european:
Application number: JP19950133926 19950531
Priority number(s): JP19950133926 19950531

Report a data error here

Abstract of JP8329046

PURPOSE: To make it easy to select values of parameters of wavelet conversion and accurately extract feature parts of signal data.
CONSTITUTION: A sampling means 1 gathers signal data from a signal source at a specific period. A wavelet converting means 2 performs wavelet conversion based on the input of data from the sampling means 1. At this time, a wavelet variance arithmetic means 4 calculates wavelet variance $w(a)$ on the basis of the value of the wavelet conversion. A wavelet variance evaluating means 5 determines a scale parameter (a) corresponding to the best analytic sensitivity by detecting the peak of the wavelet variance and substitutes it for the parameter that the wavelet converting means 2 currently uses. Then a wavelet variance evaluating means 5 allows the wavelet converting means 2 to output it to a signal analyzing means 3.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-329046

(43)公開日 平成8年(1996)12月13日

(51)Int.Cl.⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 6 F 17/14

G 0 6 F 15/332

S

審査請求 未請求 請求項の数4 OL (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平7-133926

(22)出願日 平成7年(1995)5月31日

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 野 崎 敦 子

東京都府中市東芝町1番地 株式会社東芝

府中工場内

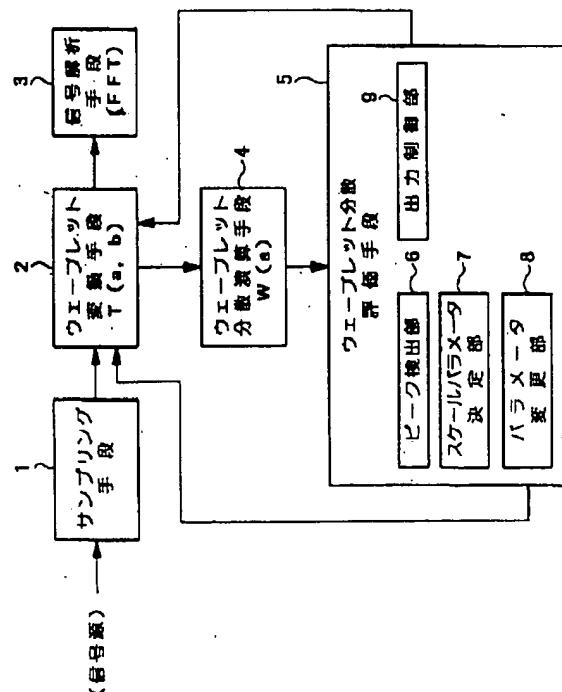
(74)代理人 弁理士 佐藤 一雄 (外3名)

(54)【発明の名称】 ウェーブレット変換を用いた信号解析装置

(57)【要約】

【目的】 ウェーブレット変換におけるパラメータの値の選択を容易に行うことを可能にし、信号データの特徴部分を適確に抽出することを可能にする。

【構成】 サンプリング手段1は信号源から所定周期で信号データを収集する。ウェーブレット変換手段2は、サンプリング手段1からのデータの入力に基づきウェーブレット変換を行う。このとき、ウェーブレット分散演算手段4は、ウェーブレット変換の値に基づきウェーブレット分散 $w(a)$ を演算する。ウェーブレット分散評価手段5は、ウェーブレット分散のピークを検出することにより、最も良好な解析感度に対応するスケールパラメータ a を決定し、これをウェーブレット変換手段2が現在用いているパラメータと差換える。そして、ウェーブレット分散評価手段5は、ウェーブレット変換手段2が信号解析手段3に出力を行うのを許可する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 信号源から所定サンプリング周期でデータを収集するサンプリング手段と、

前記収集されたデータを所定の変換式によりウェーブレット変換するウェーブレット変換手段と、

前記ウェーブレット変換されたデータに基づいて信号解析を行う信号解析手段と、

を備えた、ウェーブレット変換を用いた信号解析装置において、

前記ウェーブレット変換手段により変換されたデータを 10 入力し、前記ウェーブレット変換式中のパラメータの所定領域内での複数の値にそれぞれ対応する解析感度を表わすウェーブレット分散の演算を行うウェーブレット分散演算手段、

を備えたことを特徴とするウェーブレット変換を用いた信号解析装置。

【請求項 2】 請求項 1 記載のウェーブレット変換を用いた信号解析装置において、

前記ウェーブレット分散演算手段からの演算データを 20 入力し、最も良好な解析感度と評価したウェーブレット分散の値に対応するパラメータの値を決定し、この決定したパラメータの値を、前記ウェーブレット変換手段が現在用いているパラメータの値と差換えるウェーブレット分散評価手段、

を備えたことを特徴とするウェーブレット変換を用いた信号解析装置。

【請求項 3】 請求項 2 記載のウェーブレット変換を用いた信号解析装置において、

前記ウェーブレット分散評価手段は、ウェーブレット分散の各値について、相前後する他のいずれよりも大きなものとなるピーク値が存在するか否かを検出し、存在すれば、その値を、前記最も良好な解析感度と評価するものである、 *

$$T(a, b) := |a|^{-\frac{1}{2}} \int_{-\infty}^{\infty} f(x) \cdot \phi\left[\frac{x-b}{a}\right] dx \quad \dots (1)$$

ここで、 $f(x)$ は変換対象となる、解析すべき信号についての関数である。そして、 a はスケールパラメータと呼ばれる周波数分解能に関するパラメータであり、 b はシフトパラメータと呼ばれる時間（又は位置）に関するパラメータである。また、 $\psi(t)$ は (2) 式の※

$$\int_{-\infty}^{\infty} \psi(t) dt = 0$$

従来は、上記のようなウェーブレット変換により信号データの特徴部分を特定していた。そして、この特定の不確かさを補うために、他の手段（例えばフーリエ変換）によりさらに解析を行うこともあった。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、上記のパラメータ a 、 b については、種々の条件に応じて最適の値 50

* ことを特徴とするウェーブレット変換を用いた信号解析装置。

【請求項 4】 請求項 3 記載のウェーブレット変換を用いた信号解析装置において、

前記ウェーブレット分散評価手段は、前記ピーク値を複数検出した場合に、これらのピーク値に重みを付した重み付き評価関数値をそれぞれ演算し、その中の最大値に係るウェーブレット分散の値を、前記最も良好な解析感度と評価するものである、

ことを特徴とするウェーブレット変換を用いた信号解析装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、各種信号について解析を行う場合に、ウェーブレット変換を用いて信号データの特徴部分を抽出する信号解析装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 各種信号について解析を行う場合、従来からフーリエ変換を用いた手法が一般に採用されている。しかし、フーリエ変換を用いた手法は、時刻に関する情報を得ることができず、また、周波数分解能の変更が困難である等の欠点を有しているため、信号データの特徴部分をうまく抽出できない場合がある。そこで、これらの欠点を補うものとして、ウェーブレット変換を用いた解析手法が最近注目されている。

【0003】 ウェーブレット変換を用いた手法とは、対象となる信号の時間要素を残したまま解析を行う手法であり、ウェーブレット変換の関数 $T(a, b)$ は (1) 式のように表わされる。

【0004】

【数 1】

※条件を満たす関数であり、マザーウェーブレットあるいはアナライジングウェーブレットと呼ばれるものである。

【0005】

【数 2】

… (2)

を選択しておくことが好ましい。例えば、高周波信号に対してはスケールパラメータ a を小さくして周波数分解能を高くし、一方、低周波信号に対してはスケールパラメータ a を大きくして周波数分解能を低くしておく必要がある。

【0007】 しかし、従来はパラメータ a 、 b の値を最適に選択するためのアルゴリズムは存在せず、必ずしも

適切なパラメータによってウェーブレット変換が行われているわけではなかった。そのため、複数の特徴を含んだ複雑な信号（例えば、周期の異なる振動成分が複数入り混じっているような信号）やノイズ成分の多い信号などの場合には、ウェーブレット変換の変換結果も複雑なものとなり、信号データの特徴部分を抽出できたか否かについての評価を試行錯誤的に行わなければならなかった。

【0008】本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、ウェーブレット変換におけるパラメータの値の選択を容易に行うことを可能にし、信号データの特徴部分を適確に抽出することが可能な、ウェーブレット変換を用いた信号解析装置を提供することを目的としている。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するための手段として、請求項1記載の発明は、信号源から所定サンプリング周期でデータを収集するサンプリング手段と、前記収集されたデータを所定の変換式によりウェーブレット変換するウェーブレット変換手段と、前記ウェーブレット変換されたデータに基づいて信号解析を行う信号解析手段と、を備えた、ウェーブレット変換を用いた信号解析装置において、前記ウェーブレット変換手段により変換されたデータを入力し、前記ウェーブレット変換式中のパラメータの所定領域内での複数の値にそれぞれ対応する解析感度を表わすウェーブレット分散の演算を行うウェーブレット分散演算手段、を備えたことを特徴とするものである。

【0010】請求項2記載の発明は、請求項1記載の発明において、前記ウェーブレット分散演算手段からの演算データを入力し、最も良好な解析感度と評価したウェーブレット分散の値に対応するパラメータの値を決定し、この決定したパラメータの値を、前記ウェーブレット変換手段が現在用いているパラメータの値と差換えるウェーブレット分散評価手段、を備えたことを特徴とする。

【0011】請求項3記載の発明は、請求項2記載の発明において、前記ウェーブレット分散評価手段は、ウェーブレット分散の各値について、相前後する他のいずれよりも大きなものとなるピーク値が存在するか否かを検出し、存在すれば、その値を、前記最も良好な解析感度と評価するものであることを特徴とする。

【0012】請求項4記載の発明は、請求項3記載の発明において、前記ウェーブレット分散評価手段は、前記ピーク値を複数検出した場合に、これらのピーク値に重みを付した重み付き評価関数値をそれぞれ演算し、その中の最大値に係るウェーブレット分散の値を、前記最も良好な解析感度と評価するものである、ことを特徴とする。

【0013】

【作用】請求項1記載の発明の構成において、ウェーブ

レット分散演算手段は、ウェーブレット変換式中のパラメータの各値についてのウェーブレット分散を演算する。このウェーブレット分散は、ウェーブレット変換された値の解析感度を表わすものである。したがって、どのパラメータの値を用いれば良好な解析感度を得ることができるかについて定量的に把握することができ、パラメータの値の適切な選択を容易に行うことができる。

【0014】請求項2記載の発明において、ウェーブレット分散評価手段は最も良好な解析感度のウェーブレット分散を求め、これに対応するパラメータの値を、現在、ウェーブレット変換に用いられているパラメータの値と差換える。したがって、常に最適なパラメータの値を用いてウェーブレット変換を行うことができ、信号データの特徴部分の抽出を適確に行うことができる。

【0015】ウェーブレット分散評価手段が最も良好な解析感度を求める場合は、基本的には、ピーク部分を検出するようにし、このピーク部分のウェーブレット分散の値が最も良好な解析感度を表わしているものとする。これが請求項3記載の発明である。

【0016】しかし、ピーク部分が複数検出された場合には、どのピーク部分が最も良好な解析感度を表わしているのか、そのままでは決定することができない。そこで、請求項4記載の発明によって、各ピーク部分のウェーブレット分散の値を重み付き評価関数の値に変換するようにしている。そして、その中で最も大きな値が最も良好な解析感度を表わしているものとして処理する。

【0017】

【実施例】以下、本発明の実施例を図1乃至図4に基づき説明する。図1は本発明の実施例に係る信号解析装置の構成を示すブロック図である。

【0018】図1において、サンプリング手段1は信号源から所定周期で信号データを収集し、これをウェーブレット変換手段に出力するようになっている。ウェーブレット変換手段2は、前述した(1)、(2)式を用いてウェーブレット変換を行い、その変換値を信号解析手段3（例えば、高速フーリエ変換器（FFT））に出力できるようになっている。

【0019】ウェーブレット演算手段4は、ウェーブレット変換手段2が演算した値 $T(a, b)$ を入力し、スケールパラメータ a の値に対応するウェーブレット分散 $w(a)$ を演算する。なお、スケールパラメータ a とシフトパラメータ b とは、互いに一定の対応関係を有しており、一方を求めることができれば他方も求めることができる。本実施例では、パラメータ a の方を求める場合を例にとり説明する。

【0020】ウェーブレット分散評価手段5は、最も良好な解析感度 $w(a)$ の評価を行うものであり、ピーク検出部6、スケールパラメータ決定部7、パラメータ変更部8、及び出力制御部9を有している。

【0021】次に、上記のように構成される本実施例の

動作を図2のフローチャートを参照しつつ説明する。ウェーブレット変換手段2は前述した(1)、(2)式を用いてウェーブレット変換を行うが、(2)式における $\phi(t)$ としては、比較的良好に使用されるメキシカンハット

$$\begin{aligned}\phi(t) &= -\frac{d}{dt^2} \exp\left[-\frac{t^2}{2}\right] \\ &= (1-t^2) \exp\left[-\frac{t^2}{2}\right] \quad \dots (3)\end{aligned}$$

なお、スケールパラメータ a 及びシフトパラメータ b の値は種々の値をとることができるが、本実施例では直交の離散系ウェーブレット変換を用いることとする。そして、直交ウェーブレット変換では、スケールパラメータ a は2のべき乗で表わされる。

$$\phi\left(\frac{t-l-1}{a_{\min}}\right) = 0, \quad \phi\left(\frac{t-l}{a_{\min}}\right) > 0, \quad \phi\left(\frac{t-l+1}{a_{\min}}\right) = 0$$

を満たすとき、この a_{\min} を最小のスケールパラメータとする。

【0025】そして、あるスケールパラメータ a_{\max} について任意のサンプリングデータ t に対して、

【0026】

【数5】

$$\phi\left(\frac{t}{a_{\max}}\right) > 0$$

が成り立つとき、この a_{\max} を最大のスケールパラメータとする。このように領域を設定すれば、スケールパラメータについて充分小さな値から充分大きな値までの範囲をとることができる。

【0027】さて、サンプリング手段1は信号源から所★

$$w(a) = \int_{-\infty}^{\infty} |T(a, b)|^2 db \quad \dots (4)$$

ウェーブレット分散は、ウェーブレット変換の各スケールパラメータについての変換結果を2乗して和をとったもので、各スケールパラメータについてのウェーブレット変換の解析感度を表わしている。このようにして算出したウェーブレット分散によって、ウェーブレット変換結果だけでは判断しにくいウェーブレット変換の解析感度を定量的に把握することができる。

【0030】このウェーブレット分散の値に基づいて、最も良好な解析感度に対応するスケールパラメータの値を決定するが、本実施例ではこの決定をウェーブレット分散のピークの検出に基いて行うようにしている。ここで、ピークとは、ウェーブレット変換のパラメータにつき離散的な値を用いているので、スケールパラメータ a

*ット (Mexican hat) と呼ばれる関数を用いることとする。この関数を(3)式に示す。

【0022】

【数3】

※【0023】また、最初のウェーブレット変換におけるパラメータ a の領域を次のように設定するものとする。すなわち、あるスケールパラメータ a_{\min} について、

【0024】

【数4】

★定サンプリング周期でデータを収集し、ウェーブレット変換手段2はこれを入力しウェーブレット変換を行う(ステップ1~3)。本実施例では、ウェーブレット分散演算のためのウェーブレット変換の繰り返し演算回数を10回までとしているが、この回数は何回に設定してもよい。そして、第1回目の演算では、ステップ2における判断は、当然、10回より小さいと判断するので、ステップ3に移行する。

【0028】このようにウェーブレット変換されたデータに対して、ウェーブレット演算手段4は(4)式で定義するウェーブレット分散 $w(a)$ を演算する(ステップ4)。

【0029】

【数6】

i についてウェーブレット分散 $w(a_i)$ が $w(a_{i-1}) < w(a_i)$ を満たし且つ $w(a_i) > w(a_{i+1})$ を満たすような値とする。そして、 $a_{i-1} \rightarrow 0$, $a_{i+1} \rightarrow \infty$ とすると $w(a)$ の値は減少するので、ピークは必ず少なくとも1つ以上存在するはずであるから、ピーク検出部6はこのピークを検出することができる(ステップ5)。

【0031】次いで、ピーク検出部6が検出したピークの個数について判別を行うが(ステップ6)、ピークが1個の場合と2個以上の場合とでは異なる決定の仕方となる。すなわち、ステップ6で判別したピークの個数が1個の場合は、1個と判別した回数が2回(3回以上としてもよい。)連続したか否かをさらに判別する(ステ

ップ7)。いまの場合は第1回目の判別はNoとなるので、パラメータ変更部9がスケールパラメータを変更して(ステップ9)、さらに同様の処理(ステップ2～6)が行われる。そして、ステップ6で、ピークの個数が再び1個と判別されると、今度はステップ7での判別がYesとなる。この場合には、現在のスケールパラメータが最も良好な解析感度に対応するものとみなして、出力制御部9は、ウェーブレット変換手段2が信号解析手段3に出力を行うことを許容する(ステップ10)。

【0032】また、ステップ6でピークの個数が2個以上と判別された場合は、スケールパラメータ決定部7が、後述する重み付き評価関数を用いてスケールパラメータを決定し(ステップ8)、この決定したパラメータを現在のパラメータと差換える(ステップ9)。そして、ステップ2に戻って、同様の処理を繰り返す。なお、2度目以降のウェーブレット分散の演算では、必ずしもピークが存在するとは限らないので、ステップ6での判別個数がゼロとなる場合がある。その場合には、繰り返し処理を行わずに直ちにステップ10へ移行する。

【0033】ここで、ステップ6以降の処理について、さらに詳しく説明する。まず、ピークが1つだけの場合について考える。このときのスケールパラメータのピーク値を a_p とすると、スケールパラメータ a_p は最も解析感度の高いものである。そこで、このスケールパラメータ a_p に近い値について、さらに詳しい解析を行うために、ウェーブレット変換のパラメータを変更する。例えば、スケールパラメータ a_p に近い値のものとしてスケールパラメータ $a_{p-1} \sim a_{p+1}$ を考える。このスケールパラメータの範囲は自由に設定することができる。そして、スケールパラメータ $a_{p-1} \sim a_{p+1}$ の間で前回のスケール幅より細かなスケール幅でスケールを変更する。

【0034】例えば、本実施例のようにウェーブレット変換のスケールパラメータが 2^n (n は整数)に基づく値である場合は、 $2^{n/N}$ (N は自然数)に基づく値をとるように変更する。そして、 $N=10$ とすると、前回のウェーブレット変換で a_{p-1} 、 a_p 、 a_{p+1} (この例の場合 2^{p-1} 、 2^p 、 2^{p+1})のスケール値でウェーブレット変換をしていたところを、 $2^{10(p-1)/10}$ 、 $2^{(10(p-1)+1)/10}$ 、 $2^{(10(p-1)+2)/10}$ 、 \dots 、 $2^{10p/10}$ 、 \dots 、 $2^{10(p+1)/10}$ というように、 $a_{p-1} \sim a_{p+1}$ の間でスケールをさらに細分割することができる。

【0035】図3(a)、(b)、(c)は、この実施例のウェーブレット分散を視覚的にとらえた場合のグラフ図である。ただし、この図3の例は、図2のステップ7における「2回連続」を「3回連続」としたものである。

【0036】すなわち、算出したウェーブレット分散から最も良好な解析感度に対応するスケールパラメータ a_p を決定し、スケールパラメータ $a_{p-1} \sim a_{p+1}$ の間を

細分割する。同様にして、細分割をしたスケールパラメータ $a_{p-1} \sim a_{p+1}$ の間から最も良好な解析感度に対応するスケールパラメータ a' を決定する。さらにスケールパラメータ $a'_{p-1} \sim a'_{p+1}$ の間を細分割し、その中から最も良好な解析感度に対応するスケールパラメータ a'' を決定する。このように、最も良好な解析感度に対応するスケールの近傍で細分割を繰り返すことにより、信号データの特徴部分を適確に抽出することができる。

【0037】次に、ピークが複数(m 個)存在する場合について考える。ピークとなるときのスケールをそれぞれ a_{p1} 、 a_{p2} 、 \dots 、 a_{pm} とすると、この中から最も良好な解析感度に対応するピークを評価関数を用いて決定する。この評価関数には、ウェーブレット変換する対象によって異なる関数を用いる。つまり、対象によって適当な重みをつける評価関数を用いたり、全く重みをつけずに評価する場合もある。例えば、エスカレータのような低速回転の設備を対象とするときは、低周波数成分を重視する必要がある。このような場合、スケールパラメータの値は大きい方が低周波数成分を感度よくとらえるので、より大きいスケールパラメータに重みをつけた評価関数として、例えば $J(a) = a \cdot w(a)$ を用いる。

【0038】図4は、ウェーブレット分散 $w(a)$ に基づいて評価関数に重みつき関数 $J(a) = a \cdot w(a)$ を作成した場合の例を示したものである。この $J(a)$ を用いて、 $J(a_{p1})$ 、 $J(a_{p2})$ 、 \dots 、 $J(a_{pm})$ のうちで最大となるものを最も良好な解析感度と評価し、これに対応するスケールパラメータを現在のものと差換えるようにする。

【0039】なお、もし $J(a)$ の最大値が複数存在する場合(例えば、図4(b)において、 $J(a_{p1})$ 、 $J(a_{p2})$ 、 $J(a_{pm})$ が同一の値になった場合は、そのときの $w(a)$ の値がより大きい方のスケールパラメータを最も良好な解析感度に対応するスケールパラメータとする。そして、後はピークが1つの場合と同様の方法で、ウェーブレット変換のスケールパラメータを変更する。

【0040】以上のように、ウェーブレット分散からより感度の高いスケールに注目して、ウェーブレット変換のパラメータを変更し、再度ウェーブレット変換を行うという繰り返しによって、分解能を高めることができる。

【0041】上記した信号解析装置の一般的な応用例としては、振動を発生する設備に対する異常振動診断をあげることができる。例えば、エスカレータ等の低速回転設備で「ガリガリ」、「ゴリゴリ」というような異音を検出する場合、第1音の「ガ」に相当する波形と第2音の「リ」に相当する波形の発生時点で信号のピークが現われることがわかっている。したがって、このような異音の発生パターンを予め調べておき、本発明に係る装置

9

で信号源からのデータを解析すれば、その解析結果と異音発生パターンとの比較から、どのような異常に該当するのかを知ることができる。また、本発明は、上記のような振動診断の他に、画像データ信号の解析などの種々の分野に応用することが可能である。

【0042】

【発明の効果】以上のように、本発明によれば、ウェーブレット変換の結果について、さらに、ウェーブレット分散を求める構成としたので、ウェーブレット変換におけるパラメータの値の選択を容易に行うことを可能に

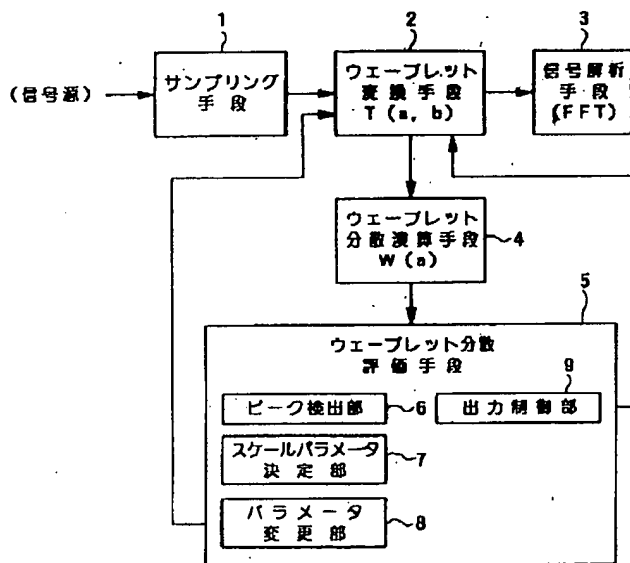
10

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施例に係る信号解析装置の構成を示すブロック図。

【図2】 図1の動作を説明するためのフローチャート。

【図1】



10

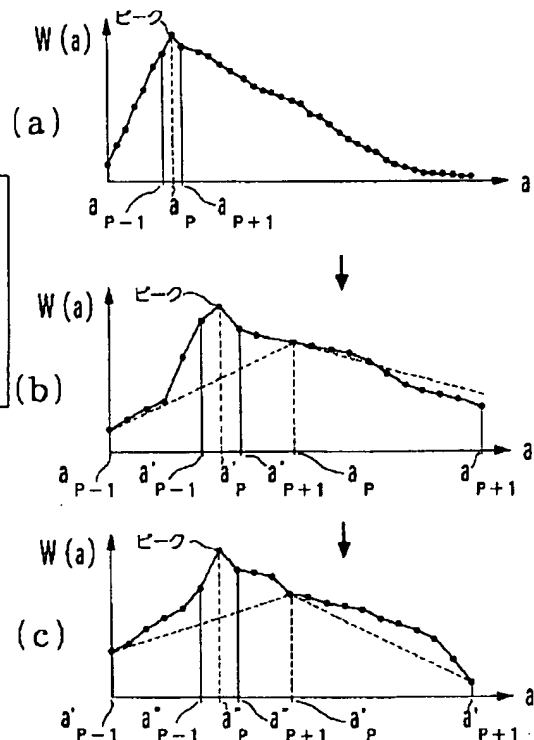
【図3】 図2におけるウェーブレット分散のピーク検出の概念を示すグラフ図。

【図4】 図2におけるウェーブレット分散のピーク検出の概念を示すグラフ図。

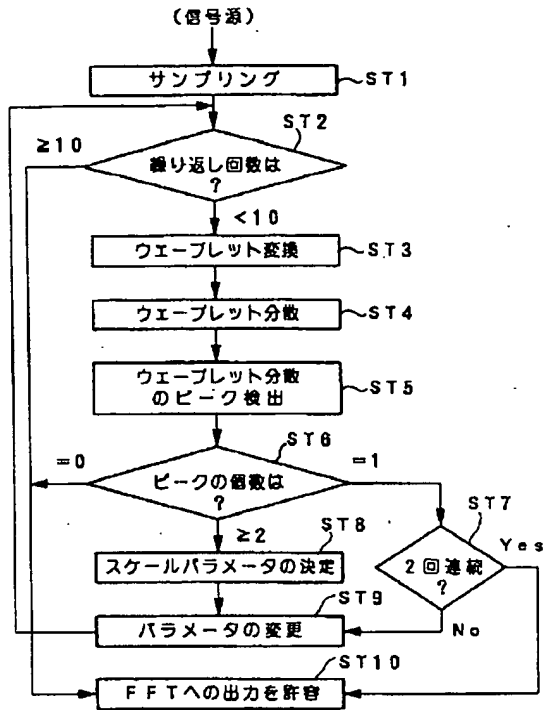
【符号の説明】

- 1 サンプルング手段
- 2 ウェーブレット変換手段
- 3 信号解析手段
- 4 ウェーブレット分散演算手段
- 5 ウェーブレット分散評価手段
- a スケールパラメータ
- b シフトパラメータ
- $T(a, b)$ ウェーブレット変換の値
- $w(a)$ ウェーブレット分散の値
- $J(a)$ 重み付き評価関数の値

【図3】



【図2】



【図4】

